

# **APLIKASI MIGRASI METODE BEDA HINGGA PADA PENGOLAHAN DATA SEISMIK UNTUK MENGGAMBARKAN PENAMPANG BAWAH PERMUKAAN YANG SEBENARNYA**

**Eka Nusantara, Hernowo Danusaputro, Nasio Asmoro Hadi**  
*Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA UNDIP*

## **Abstract**

*A migration has been conducted to a 2D land reflection Seismic data by utilizing finite difference migration method in Seismic data processing. The processing of the data, that were acquired from a field Seismic acquisition, was carried out computatively by Geovecteur® plus 5.1 software.*

*Finite difference migration consists of two stages that is firstly conducting the downward seismic wavefield extrapolation and secondly collecting the seismic wavefield to the point of  $t = 0$  (imaging principle).*

*The result of the migration is figured out by some more strongly reflectors in which the diffracted wave and dipping layer reflection effects had been eliminated, then the reflector had been properly positioned. Comprehensively, the migrated seismic section is better than the section of the previous processing result. By utilizing a synthetic data in form of a subsurface geological model of syncline, it can be established that the migration process is capable to represent the actual subsurface section.*

## **Intisari**

*Telah dilakukan migrasi data seismik dengan metode beda hingga pada pengolahan data seismik refleksi darat 2D. Data seismik diperoleh dari akuisisi data di lapangan, sedangkan pengolahan data dilakukan secara komputasi menggunakan perangkat lunak geovecteur® plus 5.1.*

*Proses migrasi metode beda hingga terdiri dari dua tahap yaitu, pertama dilakukan ekstrapolasi medan gelombang seismik kebawah, ke dua adalah mengumpulkan medan gelombang seismik ke titik  $t = 0$  (imaging principle).*

*Hasil proses migrasi pada penampang seismik ditunjukkan oleh keberadaan reflektor yang semakin tajam (jelas), dimana efek difraksi gelombang dan pengaruh pemantulan oleh lapisan miring telah dihilangkan, sehingga reflektor tersebut berada pada posisi yang sebenarnya. Secara keseluruhan kualitas penampang seismik hasil migrasi lebih baik dibandingkan dengan penampang hasil dari proses sebelumnya. Dengan menggunakan data sintesis berupa model geologi bawah permukaan sinklin dapat dibuktikan bahwa proses migrasi dapat menggambarkan penampang bawah permukaan yang sebenarnya.*

## **PENDAHULUAN**

Untuk mendapatkan gambaran struktur bawah permukaan yang sebenarnya dari penampang seismik dilakukan pengolahan data yang diperoleh dari lapangan. Pengolahan data ini dilakukan karena hasil data dari lapangan masih di pengaruhi oleh *noise* dan belum mencerminkan gambaran struktur bawah permukaan yang sebenarnya sehingga perlu dilakukan koreksi-koreksi. Salah satu koreksi tersebut adalah migrasi.

Migrasi bertujuan mengembalikan reflektor ke kondisi yang sebenarnya. Proses migrasi pada dasarnya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu migrasi sesudah stack (*post stack migration*) dan migrasi sebelum stack (*pre stack migration*) [1]. Migrasi sesudah stack sudah biasa dilakukan pada prosesing biasa, sedangkan migrasi sebelum stack dilakukan untuk medium dengan kecepatan lateral bervariasi. Ada beberapa metode proses migrasi yang digunakan dalam pengolahan data seismik selama ini, antara lain: migrasi

kirchoff, migrasi beda hingga, migrasi f-k (frekuensi-bilangan gelombang) [2]. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Pada migrasi beda hingga dapat memigrasi kemiringan diatas  $45^0$ , menghasilkan *noise* migrasi yang kecil, efektif untuk daerah dengan rasio s/n (*signal to noise ratio*) rendah, dapat mengakomodasi variasi kecepatan lateral. Migrasi f-k dapat memigrasi sampai batasan *spatial-aliasing*, sulit mengakomodasi variasi kecepatan lateral, sedangkan pada migrasi kirchoff dapat memigrasi kemiringan yang curam, tidak dapat mengakomodasi variasi kecepatan lateral. [3]

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan dari penulisan ini adalah melakukan proses migrasi beda hingga yang hasilnya dapat memberikan gambaran struktur bawah permukaan yang sebenarnya.

## DASAR TEORI

### Migrasi Dengan Metode Beda Hingga

Konsep yang mendasari migrasi metode beda hingga adalah kontinuitas ke bawah medan gelombang seismik. Proses migrasi metode beda hingga memanfaatkan pemecahan persamaan gelombang dengan menggunakan metode beda hingga. Persamaan gelombang skalar untuk dua dimensi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{hjjkl} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} \quad (1)$$

Medan gelombang seismik yang terekam di permukaan bumi adalah  $\psi(x, 0, t)$ , dan medan gelombang seismik yang dipantulkan adalah  $\psi(x, z, 0)$ . Untuk menentukan apa yang direkam oleh geophone jika di pendam pada kedalaman tertentu maka medan gelombang seismik tersebut harus di kontinuasikan ke bawah. Pada masing-masing kedalaman geophone diharapkan akan diperoleh gambaran reflektor yang berada tepat dibawah geophone.

Jika dianggap  $t$  adalah waktu tempuh searah (setengah waktu kedatangan untuk data sumber-penerima yang berada pada tempat yang sama). Gelombang bidang yang merambat permukaan dengan sudut  $\theta$  dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\psi(x, z, t) = A \exp [j\omega \{t - (x/v)\sin\theta - (z/v)\cos\theta\}] \quad (2)$$

Jika di batasi  $\theta$  adalah sudut yang kecil, maka harga  $\sin\theta$  dapat didekati dengan  $\sin\theta \approx \theta$  dan  $\cos\theta \approx (1 - 1/2 \theta^2)$ , sehingga persamaan (2) menjadi :

$$\psi(x, z, t) = A \exp \left[ j\omega \left\{ t - \frac{x\theta}{v} - \frac{z}{v} + \frac{z\theta^2}{2v} \right\} \right] \quad (3)$$

Sekarang di definisikan skala waktu yang baru yaitu :  $t^* = t - z/v$ . perubahan ini berarti bahwa sistem koordinat secara efektif mengikuti muka gelombang yang datang, sehingga diperoleh persamaan gelombang dalam  $t^*$  sebagai berikut :

$$\psi^*(x, z, t^*) = A \exp \left[ j\omega \left\{ t^* - \frac{x\theta}{v} - \frac{z}{v} + \frac{z\theta^2}{2v} \right\} \right] \quad (4)$$

dan :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial t} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial t} = \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} ; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial x} ; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \\ \frac{\partial \psi}{\partial z} &= \frac{\partial \psi^*}{\partial z} + \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial z} = \frac{\partial \psi^*}{\partial z} - \frac{1}{v} \frac{\partial \psi^*}{\partial t^*} \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \frac{2}{v} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} + \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Substitusi ke persamaan gelombang (1) memberikan persamaan gelombang baru :

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z^2} - \left( \frac{2}{v} \right) \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (6)$$

Untuk gelombang yang merambat mendekati vertikal perubahan pada  $\psi^*$  terhadap  $z$  adalah

kecil, sehingga  $\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial^2 z}$  bisa diabaikan. Hal ini di sebut pendekatan 15°. [4]

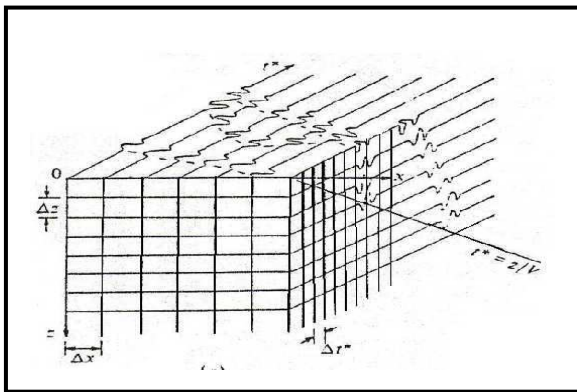
Fungsi gelombang  $\psi^*$  merupakan bentangan tiga dimensi (gambar 1), yang mempunyai nilai interval diskrit pada  $\Delta x$ ,  $\Delta z$ ,  $\Delta t^*$ , bidang  $z = 0$  merupakan penampang waktu belum termigrasi dan bidang diagonal  $t = t^* - z/v$  mewakili penampang waktu termigrasi. Turunan dapat didekati dengan menggunakan metode beda hingga sebagai berikut :

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \approx \frac{\psi^*(x, z, t^*) - 2\psi^*(x - \Delta x, z, t^*) + \psi^*(x - 2\Delta x, z, t^*)}{\Delta x^2}$$

$$\frac{\partial^2 \psi^*}{\partial t^{*2}} \approx \frac{\psi^*(x, z, t^*) - \psi^*(x, z - \Delta z, t^*) - \psi^*(x, z, t^* - \Delta t^*) + \psi^*(x, z - \Delta z, t^* - \Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*}$$

Persamaan (6) sekarang menjadi :

$$\psi^*(x, z, t^*) = \frac{\Delta z \Delta t^*}{2\Delta z^2 - \Delta z \Delta t^*} \left\{ \frac{\psi^*(x, z - \Delta z, t^*)}{\Delta z \Delta t^*} + \frac{\psi^*(x, z, t^* - \Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} - \frac{\psi^*(x - \Delta x, z, t^*)}{\Delta x^2} - \frac{\psi^*(x, z - \Delta z, t^* - \Delta t^*)}{\Delta z \Delta t^*} + \frac{v\psi^*(x - 2\Delta x, z, t^*)}{2\Delta x^2} \right\} \quad (7)$$



Gambar 1. hubungan antar elemen dalam ruang  $x, z, t^*$

Trace seismik di permukaan atas  $z = 0$  menunjukkan penampang yang tak termigrasi, yang dilapisan berikutnya menunjukkan apa yang akan direkam geophone yang dipendam dikedalaman  $z$ .

Hubungan antara enam elemen dari bentangan  $\psi^*$  seperti ditunjukkan pada gambar 1, adalah sebagai berikut ;

$$\psi^*(x, z, t^*) = a_1 \psi^*(x, z - \Delta z, t^*) + a_2 \psi^*(x, z, t^* - \Delta t^*) + a_3 \psi^*(x, z - \Delta z, t^* - \Delta t^*) + v \{ a_4 \psi^*(x - \Delta x, z, t^*) + a_5 \psi^*(x - 2\Delta x, z, t^*) \} \quad (8)$$

Terdapat banyak alternatif untuk pendekatan penurunan yang bisa dilakukan pada metode-metode sebelumnya. Satu di antaranya adalah melalui transformasi Fourier terhadap sumbu  $x$  :

$$\psi^*(x, z, t^*) \leftrightarrow \Psi_x^*(\kappa_x, z, t^*) \quad (9)$$

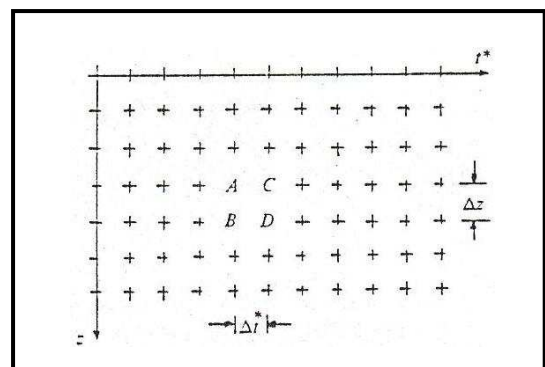
Dengan demikian pers. (6) menjadi :

$$\kappa_x^2 \Psi_x^* - (2/V) \frac{\partial^2 \Psi_x^*}{\partial z \partial t^*} = 0 \quad (10)$$

Diasumsikan kita mempunyai tabel nilai  $\Psi_x^*$  untuk nilai diskrit  $z, t^*$  seperti terlihat pada gambar 2, dianggap bagian tabel yang ditengah-tengah bernilai antara A, B, C, D. Nilai pendekatan  $\Psi_x^*$  pada titik tersebut adalah

$\frac{1}{4}(A + B + C + D)$ . Bentuk  $\frac{\partial^2 \Psi_x^*}{\partial z \partial t^*}$  dapat didekati dengan persamaan berikut :

$$\left( \frac{D - C}{\Delta z} - \frac{B - A}{\Delta z} \right) \frac{1}{\Delta t^*} = \frac{A - B - C + D}{\Delta z \Delta t^*} \quad (11)$$



Gambar 2. Tabel nilai untuk  $\psi_x^*(z, t^*)$

Pers. (10) lalu bisa dituliskan menjadi :

$$\varepsilon \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \varepsilon - 1 & \varepsilon + 1 \\ \varepsilon + 1 & \varepsilon - 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (12)$$

Dimana  $\varepsilon = \frac{1}{8} V \kappa_x^2 \Delta z \Delta t^*$ . Ke empat kotak

kompartemen berada pada tabel nilai  $\psi_x^*$  dan masing-masing dikalikan dengan faktor  $(\varepsilon \pm 1)$  dan jumlahnya dianggap sama dengan nol. Jika diketahui 3 dari 4 nilai tersebut maka dapat di hitung nilai yang ke empat. Bagian atas dari gambar 1. adalah penampang waktu yang belum di migrasi diamati di permukaan bumi, yang memberikan dasar perhitungan penampang waktu yang akan diamati pada  $z = \Delta z$ , dan seterusnya.

Dalam kontinuitas medan gelombang dari  $z = z_1$  ke  $z = z_1 + \Delta z$  di gunakan kecepatan lapisan antara  $z_1$  dan  $z_1 + \Delta z$  dengan demikian migrasi dengan metode beda hingga dapat mengakomodasi variasi kecepatan vertikal cukup mudah dan langsung dalam domain waktu. [5]

#### Pengolahan Data Seismik

Pengolahan data seismik bertujuan memperbaiki S/N rasio. Hal ini berarti semua *noise* yang mengganggu atau menyelubungi informasi refleksi sedapat mungkin diredam dan sebaliknya semua informasi refleksi dipertahankan dan bahkan diperkaya (spektrum/amplitudo-nya) dan dikoreksi (spektrum fasenya), sehingga akan diperoleh penampang seismik yang benar. Dalam proses migrasi beda hingga data yang digunakan sebagai masukan adalah penampang waktu 2D *zero offset* yang belum dimigrasi (*unmigrated*), yang disimbolkan dengan  $\psi(x, t, \tau = T_{mulai})$ . Dengan  $x$  adalah sumbu horisontal,  $t$  adalah sumbu waktu perekaman dan  $\tau$  adalah waktu yang telah di hitung, sumbu ini menghubungkan konversi waktu terhadap kedalaman bawah permukaan menggunakan kecepatan yang diberikan oleh pengolahan data. Setelah data dimasukkan kemudian dimulai tahap berikutnya yaitu perhitungan, tahap ini dapat dipisahkan kedalam dua bagian yaitu:

a) Ekstrapolasi data dalam domain waktu (sepanjang sumbu  $\tau$ ) dengan iterasi berturut-turut pada interval konstan (TAU), dari  $T_{start}$

yang digunakan sebagai masukan sampai  $T_{stop}$ .  $T_{start}$  adalah waktu dimana data telah direkam atau waktu dimana migrasi dimulai dan  $T_{stop}$  adalah sumbu waktu maksimum dari penampang yang akan dimigrasi.

$$\psi(x, t, \tau = T_{mulai}) \quad \psi(x, t, \tau = T_{stop})$$

data yang telah diekstrapolasi ini disebut penampang termigrasi parsial dalam waktu  $\tau_i$ .

b) Diantara masing-masing iterasi dalam proses ekstrapolasi data 2D dalam domain waktu dibuat gambaran bawah permukaan  $R(x, \tau_i)$ , dari penampang termigrasi parsial dalam waktu  $\psi(z, t, \tau_i)$ , penampang termigrasi diperoleh dengan mengambil data yang sudah diekstrapolasi pada waktu  $t=0$ ,  $\psi(z, t = 0, \tau_i)$ . Proses penggambaran bawah permukaan ini berlangsung terus-menerus dari  $R(x, T_{start})$  sampai dengan  $R(x, T_{stop})$ , sehingga diperoleh penampang migrasi yang sudah termigrasi. [6]

## METODE PENELITIAN

### Jenis Data

Jenis data yang diolah merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT.Elnusa Geosains Jakarta. Proses akuisisi data dilakukan dikawasan tambang minyak di daerah X sumatra dengan mengambil line KP-1

### Perangkat dan Pengolahan Data

Proses pengolahan data dibantu dengan perangkat keras IBM-7 dan plotter yang digunakan untuk mencetak penampang seismik, piranti lunak yang digunakan adalah Geovecteur Plus 5.1 dari CGG (*Compagnie Generale De Geophysique*).

Data lapangan yang dipeoleh diolah menggunakan alat bantu komputer dengan menggunakan piranti lunak (*software*) geovecteur plus 5.1. Hasil pengolahan data tersebut di tampilkan dengan alat bantu plotter yang menghasilkan penampang seismik yang siap untuk di interpretasikan.

Data dalam proses migrasi beda hingga adalah hasil dari proses DMO (dip move out), yang merupakan penampang seismik 2D zero offset dalam domain waktu. Migrasi merupakan tahap akhir yang dilakukan dalam pengolahan data seismik yang bertujuan untuk menempatkan posisi reflektor pada posisi yang

sebenarnya, modul yang digunakan dalam proses migrasi beda hingga adalah FXMIG.

#### Analisis Data

Analisis yang digunakan adalah dengan membandingkan kualitas penampang seismik berdasarkan tiap tahapan pengolahan data seismik yang telah dilakukan. Untuk membuktikan algoritma metode migrasi beda hingga secara kualitatif digunakan data sintetis yaitu data yang dibuat sendiri secara simulasi dalam komputer, dalam data sintetik ini dibuat suatu model geologi bawah permukaan dan model survei seismik terhadap model geologi tersebut. Dari model survei seismik akan diperoleh model gelombang seismik untuk tiap titik tembaknya sehingga bisa ditampilkan penampang hasil tembakan tersebut (*shotpoint display*), data sintetik ini kemudian di olah sehingga menghasilkan penampang termigrasi yang sesuai dengan model geologinya, dalam penelitian ini akan digunakan model sinklin karena dari model ini diharapkan akan terjadi peristiwa difraksi gelombang dan pemantulan oleh bidang miring.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penampang Seismik Hasil Proses Migrasi

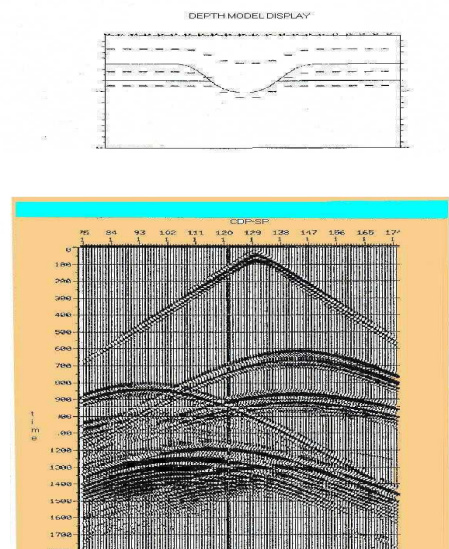
Sebagai hasil akhir pengolahan data seismik didapatkan penampang seismik yang sudah termigrasi. Pada penampang ini keberadaan reflektor semakin tajam (jelas), dimana efek dari difraksi gelombang dan pengaruh lainnya telah dihilangkan. Peningkatan kualitas penampang seismik hasil migrasi dapat dilihat pada kedalaman antara 1400 ms sampai dengan 2000 ms pada nomor CDP antara 2240 sampai dengan 2150 efek difraksi gelombang yang masih terlihat pada penampang DMO sudah dapat dihilangkan pada penampang termigrasi. Selain itu pada kedalaman antara 1300 sampai dengan 2600 ms pada nomor CDP 2381-2348 reflektor kelihatan seolah-olah terputus tetapi pada penampang termigrasi reflektor tersebut tampak kontinyu. Secara keseluruhan kualitas penampang seismik hasil migrasi lebih baik dibandingkan dengan penampang hasil dari proses sebelumnya dan penampang termigrasi siap untuk di interpretasikan oleh interpreter untuk menentukan dilanjutkan atau tidak rangkaian survei eksplorasi minyak dan gas bumi.

#### Analisis Hasil Migrasi Dengan Model Sintetik

Analisis hasil migrasi dengan model sintetis ini dilakukan untuk membuktikan kebenaran metode migrasi beda hingga. Dalam model sintetik ini dibuat model geologi berupa sinklin. Dalam model ini di definisikan posisi, interval titik tembak, interval penerima, kecepatan interval dan densitas medium. Pendefinisian parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan modul FDMOD dalam software geovecture. Hasil dari pembuatan model tersebut dapat dilihat pada gambar 3. pendefinisian parameter tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel Parameter model sinklin

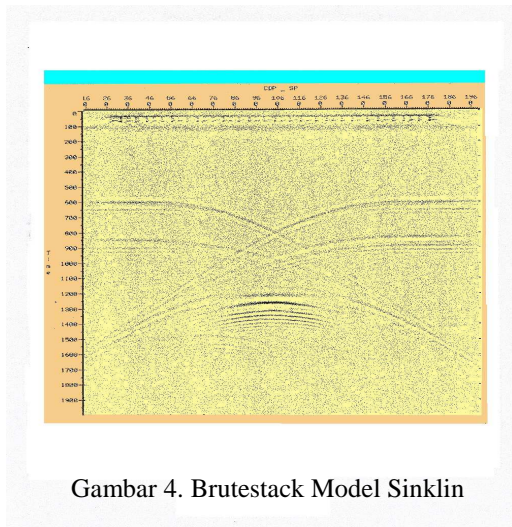
Horison	Posisi	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/s)	Densitas (g/m <sup>3</sup> )
1	0	0	1800-0	2000-0
	2196	0	1800-2196	2000-2196
2	0	500	2400-0	2500-0
	500	500	2400-500	2500-500
	501	500	2400-500	2500-500
	1000	1000	2400-1000	2500-1000
	1600	500	2400-1600	2500-1600
	1601	500	2400-1600	2500-1600
3	2196	500	2400-2196	2500-2196
	0	800	3000-0	3000-0
	2196	800	3000-2196	3000-2196



Gambar 3. Model Sinklin dan Shotpoint Display



Dengan memasukan parameter diatas pada modul FDMOD akan dihasilkan model geologi sinklin dan model *shotpoint display* (gambar 3)



Gambar 4. Brutestack Model Sinklin

model geologi sinklin belum terlihat, untuk mendapatkan penampang seismik yang sesuai dengan model dilakukan pengolahan data sehingga diperoleh hasil penampang *brutestack* (gambar 4) dan penampang hasil proses migrasi (gambar 5).



Gambar 5. Migrasi-Stack Model Sinklin

Dari penampang *brutestack* (gambar 4), model geologi berupa sinklin belum terlihat hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh difraksi gelombang dan pemantulan oleh bidang miring sinklin. Setelah dilakukan proses migrasi baru dapat model geologi yang sesuai dengan model

geologi sebenarnya yang berupa sinklin (gambar 5)

Dari hasil pengolahan data sintetik dapat dilihat bahwa proses migrasi dapat menghilangkan pengaruh difraksi gelombang dan pemantulan oleh bidang miring sehingga didapatkan gambaran keadaan geologi bawah tanah yang sebenarnya.

## KESIMPULAN

Dari proses pengolahan data yang dilakukan dan analisis hasil pengolahan data kesimpulan yang ditarik adalah :

1. Pada penampang seismik hasil proses migrasi terlihat bahwa keberadaan reflektor semakin tajam (jelas), dimana efek dari difraksi gelombang dan pengaruh pemantulan oleh lapisan miring telah dihilangkan, sehingga reflektor tersebut berada pada posisi yang sebenarnya. Secara keseluruhan kualitas penampang seismik hasil migrasi lebih baik dibandingkan dengan penampang hasil dari proses sebelumnya dan penampang termigrasi siap untuk diinterpretasikan oleh interpreter untuk menentukan dilanjutkan atau tidak rangkaian survei eksplorasi minyak dan gas bumi.
2. Dengan menggunakan data sintesis berupa model geologi bawah permukaan sinklin dapat dibuktikan bahwa proses migrasi dapat menggambarkan keadaan bawah permukaan yang sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1].Yilmaz, Ozdogan., 1987, "*Seismic Data Processing*", Society of Explration Geophysics.
- [2].Telford, W.M, Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, J.A., "*Applied Geophysics*" , Cambridge Unversty Press, Cambridge, 1976.
- [3].Sheriff, R.E., Geldart, L.P., "*Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics*", 3<sup>rd</sup> edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [4].Claerbout, Jon.F., "*Imaging The Earth Interior*", Blackwell Scientific Publications, London, 1985.

- [5].Munadi, Suprayitno, "*Percobaan Proses Migrasi dengan menggunakan Transformasi Fourier*", Lembaran Publikasi LEMIGAS No 1/1991, 1991.
- [6].Sheriff, R.E., Geldart, L.P., "*Exploration Seismology Data Processing*", Cambridge University Press, Cambridge, 1983.